



(21) 申请号 202111036790.5

(22) 申请日 2021.09.06

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113686972 A

(43) 申请公布日 2021.11.23

(73) 专利权人 中北大学

地址 030051 山西省太原市学院路3号

(72) 发明人 杨顺民 宋文爱 陈以方 董晓丽

张世雄

(74) 专利代理机构 厦门市天富勤知识产权代理

事务所(普通合伙) 35244

专利代理师 唐绍烈

(51) Int. Cl.

G01N 29/24 (2006.01)

G01N 29/04 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109781865 A, 2019.05.21

CN 204422486 U, 2015.06.24

CN 106770653 A, 2017.05.31

CN 108332846 A, 2018.07.27

CN 108802197 A, 2018.11.13

CN 107478728 A, 2017.12.15

审查员 孙伟

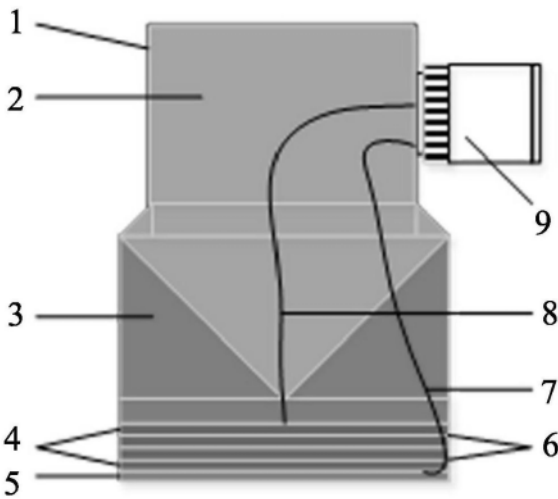
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

一种检测黏弹性固体的超声叠片换能器

(57) 摘要

本发明公开一种检测黏弹性固体的超声叠片换能器,包括壳体、绝缘材料、背衬、压电晶片、匹配层、导电铜片、地线、信号线和电缆接头,所述壳体设有内腔,内腔的底部设置匹配层,匹配层上方设有晶片组,晶片组由四片4MHz的压电晶片叠堆构成,相邻两压电晶片之间夹合一所述导电铜片,相邻两压电晶片极性相同的表面相对,压电晶片为圆形的实心结构;晶片组上方设置所述背衬,所述背衬上方的内腔填充有绝缘材料,所述壳体外部设置所述电缆接头,所述电缆接头分别通过所述信号线和地线内接所述晶片组的电极两端。本案弥补超声波在黏弹性固体中传播时的高衰减特性,有效提高超声波检测黏弹性固体的分辨率。



1. 一种检测黏弹性固体的超声叠片换能器,其特征在于,包括壳体、绝缘材料、背衬、压电晶片、匹配层、导电铜片、地线、信号线和电缆接头,所述壳体设有内腔,内腔的底部设置匹配层,匹配层上方设有晶片组,晶片组由四片4MHz的压电晶片叠堆构成,所述压电晶片采用PT材料制成,纵波声速为4350m/s,压电晶片的半径为12mm,相邻两压电晶片之间夹合一所述导电铜片,相邻两压电晶片极性相同的表面相对,压电晶片为圆形的实心结构,在保证高发射能量的同时使叠片换能器的频率达到1MHz;晶片组上方设置所述背衬,背衬材料中,环氧树脂和钨粉按质量1:6的比例配置,使求背衬与堆叠压电晶片的声阻抗相近;所述背衬上方的内腔填充有绝缘材料,所述壳体外部设置所述电缆接头,所述电缆接头分别通过所述信号线和地线内接所述晶片组的电极两端。

2. 如权利要求1所述一种检测黏弹性固体的超声叠片换能器,其特征在于:所述导电铜片和压电晶片之间通过环氧树脂粘合。

一种检测黏弹性固体的超声叠片换能器

技术领域

[0001] 本发明属于黏弹性固体检测设备技术领域,特别涉及一种检测黏弹性固体的超声叠片换能器。

背景技术

[0002] 换能器,是指电能和声能相互转换的器件。常见的超声换能器通过电能转换为超声波用于水下通信。根据查阅国内外相关文献可知,目前压电晶片叠堆技术主要应用于水声换能器,由于水声换能器与工业构件探伤换能器在结构上存在较大差异,因此,水声换能器不用直接用于工业构件的探伤。在超声波探伤换能器中没有检索到相关应用。当水下换能器用于探测黏弹性固体时,由于声能量的衰减较大,使其性能指标大大降低,无法满足正常需要。

[0003] 对于无限黏弹性介质中的平面简谐波,可根据简谐波问题的对应原理来求解。即只要在弹性解中以黏弹性材料复函数取代弹性材料常数就可以得到黏弹性固体的波动方程解,其中纵波解为:

$$[0004] \quad \left. \begin{aligned} u_y &= u_z = 0 \\ u_x(x, t) &= \vartheta_x(x) e^{i\omega t} \\ \vartheta_x &= A \exp \left(-i\omega x \sqrt{\frac{\rho}{\lambda^*(i\omega) + 2\mu^*(i\omega)}} \right) \end{aligned} \right\}$$

[0005] 横波解为:

$$[0006] \quad \left. \begin{aligned} u_x &= u_z = 0 \\ u_y(x, t) &= \vartheta_y(x) e^{i\omega t} \\ \vartheta_y &= B \exp \left(-i\omega x \sqrt{\frac{\rho}{\mu^*(i\omega)}} \right) \end{aligned} \right\}$$

[0007] 或者

$$[0008] \quad \left. \begin{aligned} u_x &= u_y = 0 \\ u_z(x, t) &= \vartheta_z(x) e^{i\omega t} \\ \vartheta_z &= C \exp \left(-i\omega x \sqrt{\frac{\rho}{\mu^*(i\omega)}} \right) \end{aligned} \right\}$$

[0009] 从上面的公式可以看出,黏弹性解和弹性解虽然形式上相同,只是将 λ, μ 换成 $\lambda^*(i\omega)$ 和 $\mu^*(i\omega)$,但对波传播的特性却发生了重大的影响,主要表现为:

[0010] 1) 设黏弹性纵波和横波波速分别记为 c_{Lv} 、 c_{Tv} , 则

$$[0011] \left. \begin{aligned} c_{Lv} &= \operatorname{Re} \sqrt{\frac{\lambda^*(i\omega) + 2\mu^*(i\omega)}{\rho}} \\ c_{Tv} &= \operatorname{Re} \sqrt{\frac{\mu^*(i\omega)}{\rho}} \end{aligned} \right\}$$

[0012] 因为 $\lambda^*(i\omega)$ 和 $\mu^*(i\omega)$ 都是 ω 的函数, 所以 c_{Lv} 、 c_{Tv} 都是角频率 ω 的函数, 因此, 波在黏弹性介质中传播时, 将发生频散(色散、弥散)。

[0013] 2) 在理想弹性介质中平面波是不衰减的, 而在黏弹性介质中, 平面波随传播距离的增加而衰减。若将纵波和横波的衰减系数分别记为 α_L 、 α_T , 则有

$$[0014] \left. \begin{aligned} \alpha_L &= -\omega \operatorname{Im} \sqrt{\frac{\rho}{\lambda^*(i\omega) + 2\mu^*(i\omega)}} \\ \alpha_T &= -\omega \operatorname{Im} \sqrt{\frac{\rho}{\mu^*(i\omega)}} \end{aligned} \right\}$$

[0015] 其中, Re 表示复数的实部, Im 表示复数的虚部。

[0016] 从以上的研究结果可以看出, 与弹性固体相比, 超声波在黏弹性固体中传播时由于频散和黏弹特性引起了更大的能量衰减, 这给超声法检测黏弹性固体带来了巨大的挑战。若要获得与弹性固体相同的检测分辨率, 需要研制高能量超声波换能器。

发明内容

[0017] 本发明的目的在于提供一种检测黏弹性固体的超声叠片换能器, 探测效果好, 适用于黏弹性固体的探伤和材料性能表征。

[0018] 为达成上述目的, 本发明的解决方案为: 一种检测黏弹性固体的超声叠片换能器, 包括壳体、绝缘材料、背衬、压电晶片、匹配层、导电铜片、地线、信号线和电缆接头, 所述壳体设有内腔, 内腔的底部设置匹配层, 匹配层上方设有晶片组, 晶片组由四片4MHz的压电晶片叠堆构成, 相邻两压电晶片之间夹合一所述导电铜片, 相邻两压电晶片极性相同的表面相对, 压电晶片为圆形的实心结构; 晶片组上方设置所述背衬, 所述背衬上方的内腔填充有绝缘材料, 所述壳体外部设置所述电缆接头, 所述电缆接头分别通过所述信号线和地线内接所述晶片组的电极两端。

[0019] 优选地, 所述压电晶片采用PT材料制成。

[0020] 优选地, 所述导电铜片和压电晶片之间通过环氧树脂粘合。

[0021] 采用上述方案后, 本发明的有益效果在于: 本发明填补了超声换能器领域对黏弹性固体检测的缺失, 针对衰减幅度较大的黏弹性固体材料, 本发明不仅克服了该特性, 而且还具有更优的检测效果, 高增益可以较好地弥补超声波在黏弹性固体中传播时的高衰减特性, 可以有效提高超声波检测黏弹性固体的分辨率, 使得本发明换能器在工业探伤方面能够完全胜任。

附图说明

[0022] 图1是本发明换能器的结构示意图；

[0023] 图2是本发明黏弹性材料的幅度-频率的关系(其中实线代表黏弹性材料,虚线代表弹性材料)；

[0024] 图3是本发明四个相同的压电晶片构成的压电晶片组,并采用电路上并联方式连接的结构示意图；

[0025] 图4是本发明单一压电晶片的机电等效电路图；

[0026] 图5是本发明叠堆压电晶片的机电等效电路图；

[0027] 图6是本发明共振频率图解法示意图；

[0028] 图7是本发明换能器的仿真模型示意图；

[0029] 图8是常规换能器的声场能量示意图；

[0030] 图9是本发明换能器的声场能量示意图；

[0031] 图10是常规换能器的时域波形图；

[0032] 图11是本发明换能器的时域波形图。

[0033] 标号说明：

[0034] 壳体1、绝缘材料2、背衬3、压电晶片4、匹配层5、导电铜片6、地线7、信号线8、电缆接头9、黏弹性固体10。

具体实施方式

[0035] 以下结合附图及具体实施例对本发明做详细的说明。

[0036] 本发明提供一种检测黏弹性固体的超声叠片换能器,如图1所示,包括壳体1、绝缘材料2、背衬3、压电晶片4、匹配层5、导电铜片6、地线7、信号线8和电缆接头9,壳体1用于保护换能器的内部构件,所述壳体1设有内腔,内腔的底部设置匹配层5,匹配层5上方设有晶片组,晶片组由四片4MHz的压电晶片4叠堆构成,压电晶片4主要实现电能和声能之间的转换,匹配层5用于缓解压电晶片4和被检测物体之间声阻抗的差异,使压电晶片4产生的声能尽可能多的入射到被检测物体中。匹配层又称透声膜,其厚度一般取 $d=1/4\lambda$,这样就利用反射过程中的半波损失以及路程差使得透声膜前后两个界面反射波相位相反而相互抵消以及透声膜内剩余波的积累叠加效应而使透射波变强;另外是对透声膜声阻抗 z 的要求,两种介质中间加入透声膜后总的透射率为 $t=2*z/(z_1+z)*2*z_2/(z+z_2)$,要使总透射率最大,则应满足 $z_2=z_1*z_2$ 。需要根据被检测物体的声阻抗值来研制匹配层的原料配方,以使声能量最大限度的入射到被检测物体中。

[0037] 相邻两压电晶片4之间夹合一所述导电铜片6,相邻两压电晶片4极性相同的表面相对,导电铜片6用于实现压电晶片4之间电极的并联。压电晶片4为圆形的实心结构,区别于水声换能器的压电晶片为环形或弯曲形;晶片组上方设置所述背衬3,背衬3一方面用于控制压电晶片4的振动程度,另一方面用于吸收压电晶片4背面的声能。为了减少反射波的比重,就要求背衬声阻抗与堆叠压电晶片的声阻抗相近,背衬材料中钨粉、环氧树脂、固化剂、粘合剂等所含比例不同,得到的背衬材料的声阻抗就有很大的差异。环氧树脂和钨粉按质量1:6的比例配置环氧钨粉,调好后热风机加热去除气泡。

[0038] 所述背衬3上方的内腔填充有绝缘材料2,绝缘材料2在背衬以下构件和壳体1之间

起绝缘作用,所述壳体1外部设置所述电缆接头9,所述电缆接头9分别通过所述信号线8和地线7内接所述晶片组的电极两端,地线7、信号线8和电缆接头9实现超声波信号的传输,在超声换能器工作过程中,一方面由发射/接收电路产生激励脉冲,经电缆接头9由信号线8和地线7传输到压电晶片组,并驱动压电晶片组振动产生超声波,从而实现电能到声能的转换;另一方面,超声波在被检测物体中传播时会产生反射,超声换能器接收到反射声波并转换为脉冲信号,再由信号线8和地线7经电缆接头9传输到发射/接收电路,形成超声波回波信号,根据回波信号判断被检测物体的材料特征和内部结构是否有损坏部分。

[0039] 本发明根据上述结构设计了超声叠片换能器,也称工业探伤叠片换能器、超声叠片压电换能器等,对于黏弹性固体材料,超声波的回波幅度与换能器的频率之间存在如图2所示的线性关系。从图2中可以看出,对于弹性材料(图中虚线)随着换能器频率的增加,超声回波信号的幅度呈一定比例的线性下降。而黏弹性材料(图中实线),随着换能器频率的增加,超声回波信号的幅度急速衰减,当频率为3MHz时,超声回波信号的幅度几乎衰减到0。因此,对于黏弹性材料的检测,超声换能器的频率应尽可能的低,以保证超声回波信号的幅度。因此,本案选择1MHz作为叠片换能器的共振频率。

[0040] 单一压电晶片的固有共振频率主要取决于压电晶片4的厚度和超声波在晶片材料中的传播速度。为了得到较高的声电转换效率,压电晶片4必须在共振状态下工作。根据驻波理论,此时晶片厚度为波长的二分之一,即:

$$[0041] \quad t = \frac{\lambda_L}{2} = \frac{c_L}{2f_0} \quad (1)$$

[0042] 式中, t --晶片厚度,单位mm; λ_L --晶片中纵波波长,单位mm; c_L --晶片中纵波的波速,单位m/s; f_0 --晶片的固有频率,单位Hz。

[0043] 由于PT材料径向振动能量小,厚度方向振动能量大,有利于工业探伤。所以,探伤叠片换能器采用PT材料制成的压电晶片4,其纵波声速为4350m/s。在设计叠片换能器的结构时采用四片4MHz的晶片进行并行叠堆,叠堆晶片之间放置0.2mm厚度的铜片,这样既保证了良好的导电性能,同时方便电极引线的焊接,固有频率为4MHz时,由公式(1)得,晶片厚度为0.54375mm。在保证高发射能量的同时使叠片换能器的频率达到1MHz。压电晶片4叠堆结构如图3所示,在叠堆过程中,压电晶片4极性相同的表面相对,中间放置导电铜片6并用胶合物粘合,为了得到更好的声传递效果,胶合物采用环氧树脂。

[0044] 四片压电晶片4叠堆后的实际共振频率是否达到1MHz的理想共振频率,下面进行计算验证。薄圆片(即压电晶片4)的厚度振动采用柱坐标比较方便,电极镀在垂直于 z 轴的两个圆面上,极化方向为 z 轴,则压电晶片4的基本坐标与柱坐标的对应关系为

$$[0045] \quad \begin{cases} x \rightarrow r \\ y \rightarrow \theta \\ z \rightarrow z \end{cases}$$

[0046] 由于压电晶片4为薄片(即在工作频率范围内晶片的厚度比波长小得多),上、下电极面自由,则切应力 T_{zr} 、 $T_{z\theta}$ 、 T_{zz} 和轴向位移分量 ξ_z 为零,即:

$$[0047] \quad \begin{cases} T_{zr} = T_{z\theta} = T_{zz} = 0 \\ \xi_z = 0 \end{cases}$$

[0048] 该晶片作轴对称振动,基元的几何形状、约束情况以及所受外力都是对称于z轴的,则所有的应力分量、应变分量和位移分量也分别对称于z轴。这时,各个分量都只是r和z的函数,与 θ 无关,则:

$$[0049] \quad \begin{cases} \xi_{\theta} = 0 \\ T_{\theta z} = T_{\theta r} = 0 \\ \frac{\partial T_r}{\partial \theta} = \frac{\partial T_{\theta}}{\partial \theta} = \frac{\partial T_z}{\partial \theta} = \frac{\partial T_{rz}}{\partial \theta} = \frac{\partial T_{r\theta}}{\partial \theta} = \frac{\partial T_{z\theta}}{\partial \theta} = 0 \end{cases}$$

[0050] 运动方程简化为

$$[0051] \quad \rho \frac{\partial^2 \xi_r}{\partial t^2} = \frac{\partial T_r}{\partial r} + \frac{T_r - T_{\theta}}{r}$$

[0052] 应变与位移的关系简化为

$$[0053] \quad \begin{cases} S_r = \frac{\partial \xi_r}{\partial r} \\ S_{\theta} = \frac{\xi_r}{r} \end{cases}$$

[0054] 由于电场加在z轴,忽略电场的边界效应,只有 $E_z \neq 0$,则压电方程简化为

$$[0055] \quad \begin{cases} S_r = s_{11}^E T_r + s_{12}^E T_{\theta} + d_{31} E_z \\ S_{\theta} = s_{12}^E T_r + s_{11}^E T_{\theta} + d_{31} E_z \\ D_z = d_{31} T_r + d_{31} T_{\theta} + \varepsilon_{33}^T E_z \end{cases}$$

[0056] 解出 T_r 和 T_{θ} 得到

$$[0057] \quad \begin{cases} T_r = \left(\frac{Y_0^E}{1 - \sigma^2} \right) (S_r + \sigma S_{\theta}) - \frac{d_{31} Y_0^E}{1 - \sigma} E_z \\ T_{\theta} = \left(\frac{Y_0^E}{1 - \sigma^2} \right) (S_{\theta} + \sigma S_r) - \frac{d_{31} Y_0^E}{1 - \sigma} E_z \\ D_z = d_{31} (T_r + T_{\theta}) + \varepsilon_{33}^T E_z \end{cases}$$

[0058] 式中 $Y_0^E = 1/s_{11}^E$ 为恒电场作用下的杨氏模量, $\sigma = -s_{12}^E/s_{11}^E$ 为恒电场作用下的泊松(Poisson)系数。

[0059] 机械振动方程为

$$[0060] \quad F = j\rho v S \left[-\frac{J_0(ka)}{J_1(ka)} + \frac{1 - \sigma}{ka} \right] \xi_a + nV$$

[0061] 式中F为圆周受力, ρ 为密度, $v = \sqrt{\frac{Y_0^E}{\rho(1 - \sigma^2)}}$ 为波的传播速度, $S = 2\pi a t$, $k = \omega/v$ 为波数, $\omega = 2\pi f$ 为角频率,f为共振频率, $J_0(ka)$ 为零阶一类贝塞尔函数, $J_1(ka)$ 为一阶一类贝

塞尔函数, ξ_a 为圆周的振速, $n = \frac{2\pi a d_{31} Y_0^E}{1 - \sigma}$ 为机电转换系数, V 为晶片所加电压。

[0062] 电路状态方程为

$$[0063] \quad I = j\omega C_0 V - n \xi_a$$

[0064] 式中 $C_0 = \pi a^2 \bar{\epsilon}_{33} / t$ 为二维截止电容。

[0065] 由机械振动方程和电路状态方程可得到单一压电晶片4的机电等效图, 如图4所示。

[0066] 若压电晶片4作自由振动, 即 $F=0$, 可得共振频率方程为

$$[0067] \quad ka J_0(ka) = (1 - \sigma) J_1(ka)$$

[0068] 由此, 可推导出单一压电晶片4的导纳方程为

$$[0069] \quad Y = j\omega C_0 + \frac{n^2}{j\rho v S \left(\frac{1-\sigma}{ka} - \frac{J_0(ka)}{J_1(ka)} \right)}$$

[0070] 对于 p 个相同的压电晶片4构成的压电晶片组, 它们之间是采用电路上并联而机械上串联的连接方式。从电路的理论上讲, 就是将 p 个相同的四端网络相互级联。根据电路中的级联理论, 可以得出叠堆压电晶片4的机电等效电路图, 如图5所示。

[0071] 叠片换能器是通过压电晶片4堆叠形成圆柱辐射面, 各压电晶片4之间采用并联连接。因此, 叠堆换能器的导纳是各压电晶片4导纳的叠加。又由于各压电圆形晶片材料特性和尺寸均相同, 依据单一压电晶片4的导纳方程可推导出四片压电晶片4叠堆后的导纳方程为:

$$[0072] \quad Y = \frac{I}{V} = 4 \left[j\omega C_0 + \frac{n^2}{j\rho v S \left(\frac{1-\sigma}{ka} - \frac{J_0(ka)}{J_1(ka)} \right)} \right]$$

[0073] 根据共振频率的定义, 当 $Y \rightarrow \infty$ 时, 换能器进入共振状态, 此时的振动频率即为换能器的共振频率。由叠堆换能器的导纳方程可知, 要满足 $Y \rightarrow \infty$ 的条件, 只需求超越方程 $ka J_0(ka) = (1 - \sigma) J_1(ka)$ 的值即可, 该值即为四片压电晶片4叠堆换能器的共振频率。压电晶片4的半径 $a = 12\text{mm}$, 压电晶片4的柔性常数 $s_{11}^E = 12.3 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{N}$, $s_{12}^E = -4.05 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{N}$, 密度 $\rho = 7500 \text{kg}/\text{m}^3$, 求得 $\sigma = -s_{12}^E / s_{11}^E = 0.34$, 可用图解法求出叠堆换能器的共振频率, 如图6所示。

[0074] 从图中可以得出四片4MHz的压电晶片4叠堆而成的换能器的共振频率为1MHz, 与实际测量值1.03MHz一致, 相对误差为0.3%。

[0075] 本发明的增益效果在于:

[0076] 圆形叠片换能器是轴对称结构, 可以采用简化的结构模型, 即取换能器结构的四分之一, 这样, 既保证了精度要求又减少了仿真计算的时间。仿真模型如图7所示, 主要由黏弹性固体10、压电晶片4(PT)和导电铜片6组成, 黏弹性固体10组成扇形区域的半径为36mm; 压电晶片4的半径为12mm, 厚度为0.5mm, 频率为4MHz; 导电铜片6的半径为12mm, 厚度为0.2mm。仿真过程中所用材料的参数如下表所示。

[0077]	材料	密度 (kg/m ³)	纵波声速 (m/s)	泊松比
	黏弹性材料	1500	2000	0.5
	PT材料	7750	4350	0.34
	铜片	8600	4700	0.37

[0078] 仿真过程中,在综合考虑精确度和计算速度的条件下,将一个波长内划分10个单元。在x方向上加对称边界条件,相邻压电晶片4之间的极化方向相反,压电晶片4的上表面加载荷 $Volt=1$,下表面接地。常规的单片晶片换能器的仿真结果如图8所示,本发明四片晶片叠堆换能器的仿真结果如图9所示。从图中可以看出,叠片换能器的声场能量分布比常规换能器的更集中,且增益高25dB。因此,叠片换能器的高增益可以较好地弥补超声波在黏弹性固体中传播时的高衰减特性,在一定程度上可以有效提高超声波检测黏弹性固体的分辨率。

[0079] 常规的单片晶片换能器的时域波形如图10所示,本发明四片晶片叠堆换能器的时域波形如图11所示。实验过程中,被检测样品为35mm厚的工业用橡胶,采用穿透法以便获得更好的波形幅值。从实验结果可以看出,对于相同厚度的工业用橡胶,常规换能器的增益为35.6dB,叠片换能器增益为20.4dB。即叠片换能器比单晶片换能器增益高15.2dB,低于仿真结果的25dB,主要原因是仿真时为了减小计算量忽略了一些边缘效应和损耗的条件下进行的。因此,本发明所提出的1MHz四叠片换能器能够保证黏弹性固体超声检测方法的缺陷分辨率。

[0080] 本案的换能器与水声换能器相比,具有以下四个不同的特点:

[0081] (1) 压电晶片叠堆的上部。工业探伤换能器为背衬材料,一方面用于控制晶片的振动,另一方面吸收晶片背面的声能量;水声换能器为橡胶片和金属盖板,用于保护压电晶片和阻止声能量的反向传播。

[0082] (2) 压电晶片叠堆。工业探伤叠片换能器的晶片形状为圆形,是由厚度振动模式决定。而其他换能器的晶片形状为圆环形,是由径向振动模式确定。

[0083] (3) 压电晶片叠堆的下部。工业探伤换能器为匹配层,其声阻抗一般为压电晶片堆的声阻抗与被检测物体的声阻抗的乘积,使声能量尽可能多地入射到被检测物体中;水声换能器为橡胶片和金属盖板,用于保护压电晶片和调节声场辐射角度。

[0084] (4) 应用场景。本发明所提出的1MHz叠片超声换能器主要用于黏弹性固体的探伤和材料性能表征。而水声换能器主要用于海洋中的水下通信。

[0085] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并非对本案设计的限制,凡依本案的设计关键所做的等同变化,均落入本案的保护范围。

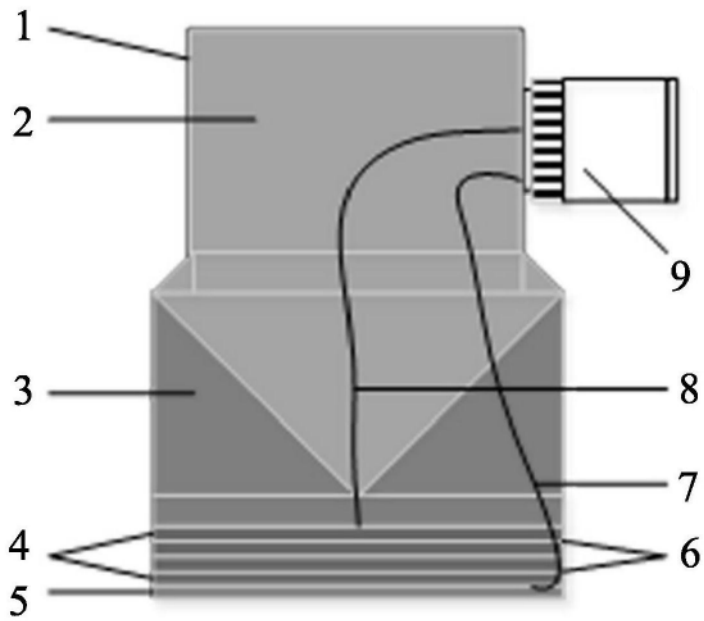


图1

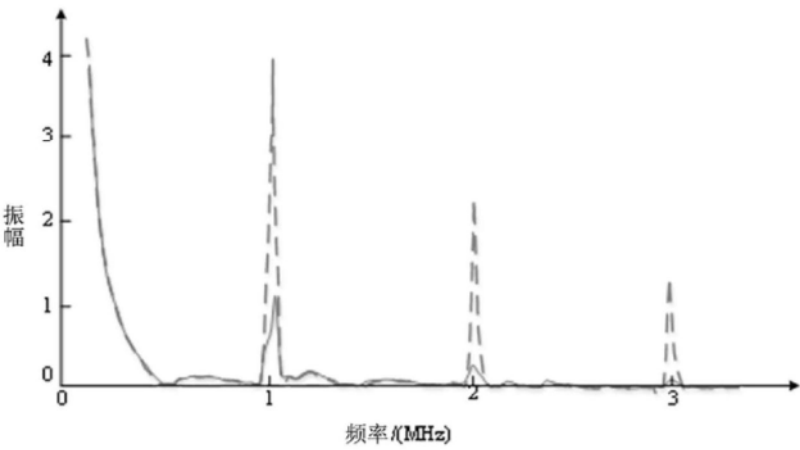


图2

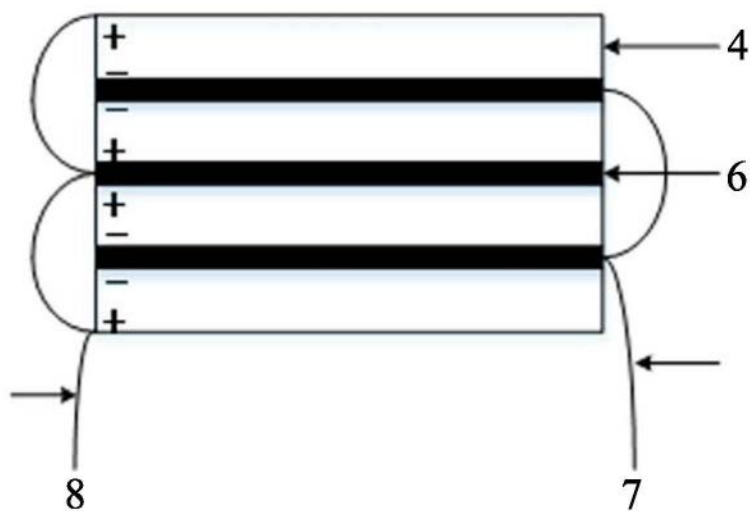


图3

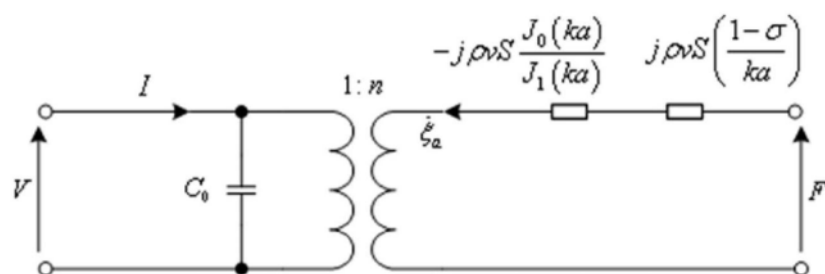


图4

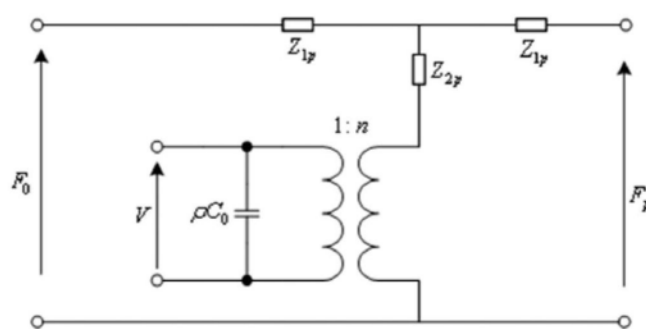


图5

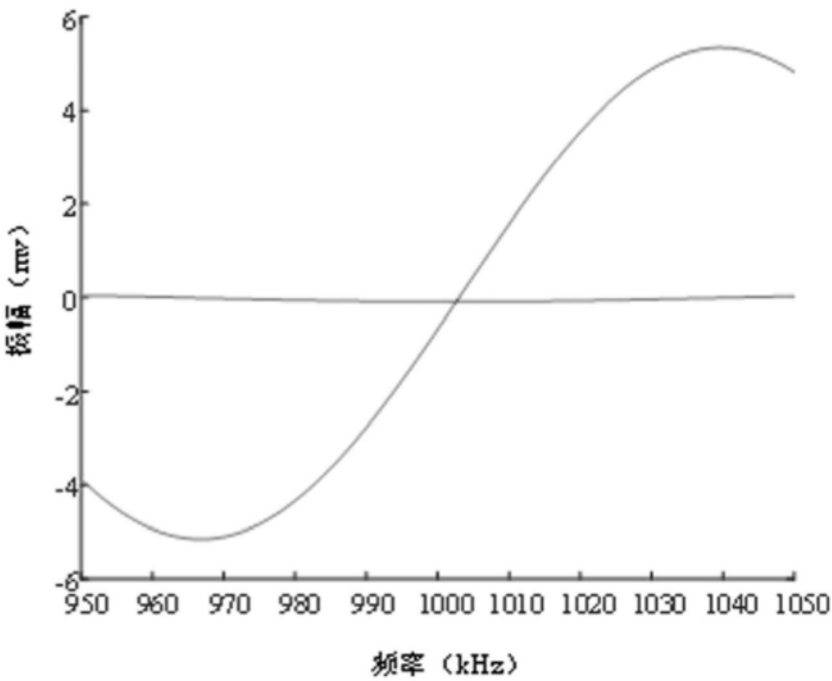


图6

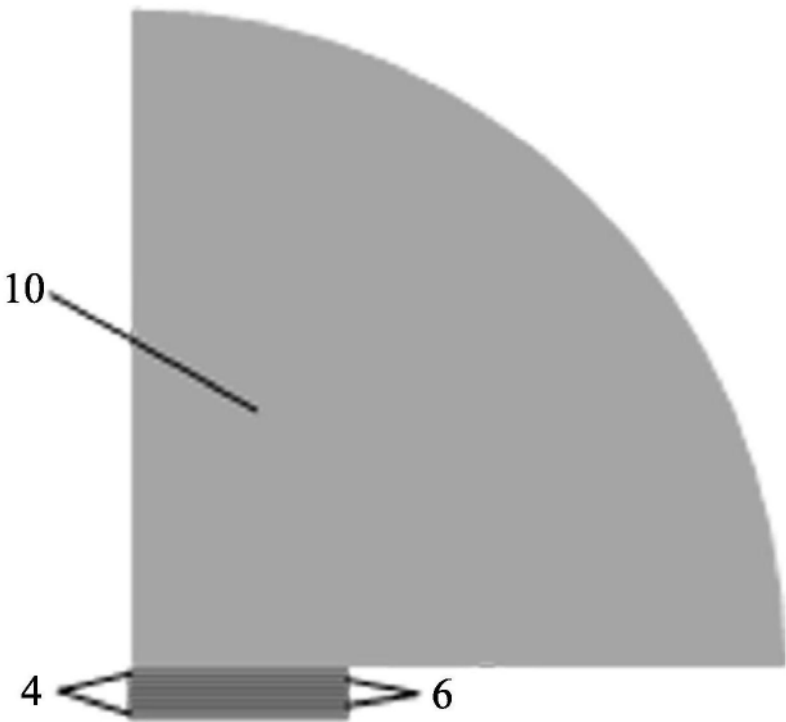


图7

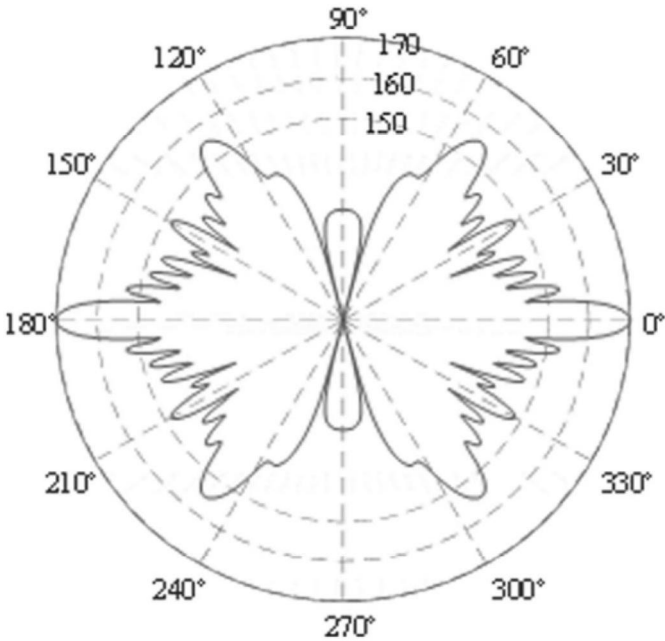


图8

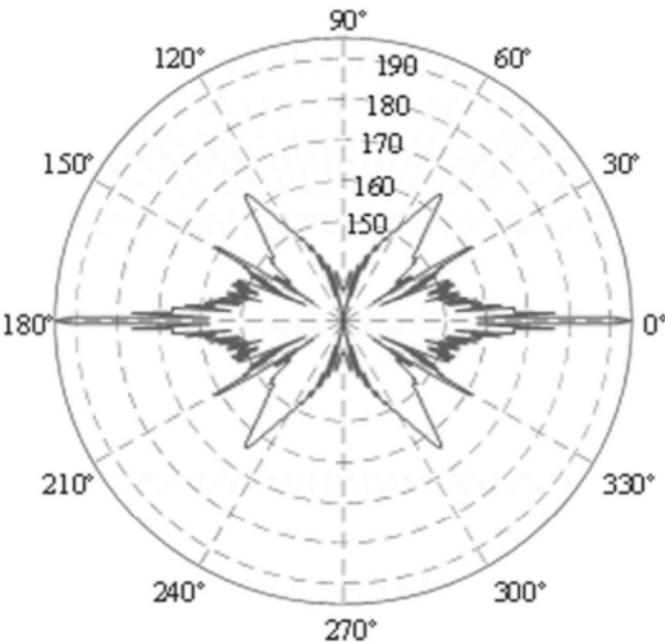


图9

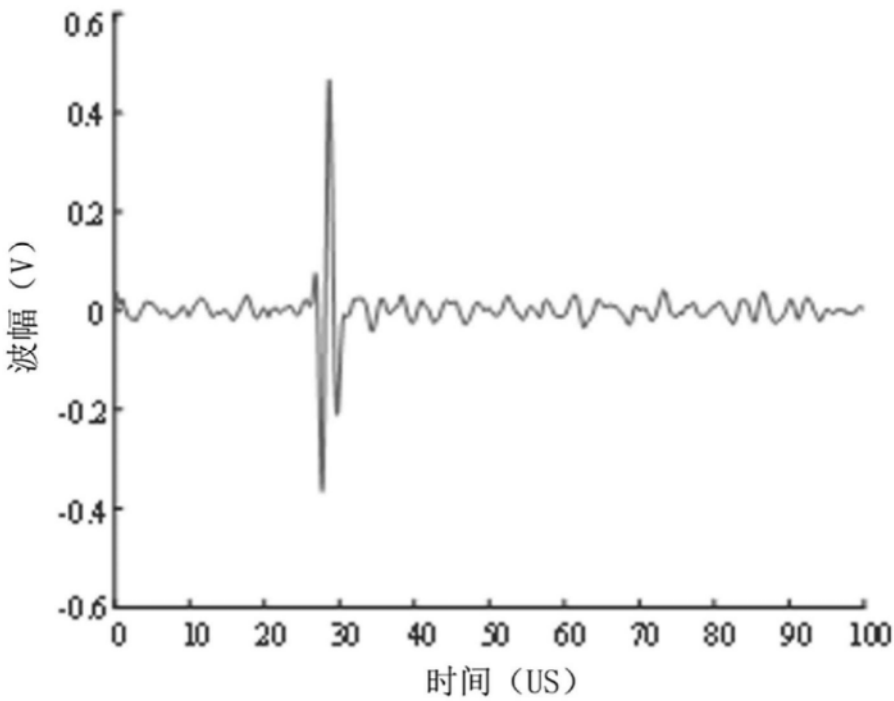


图10

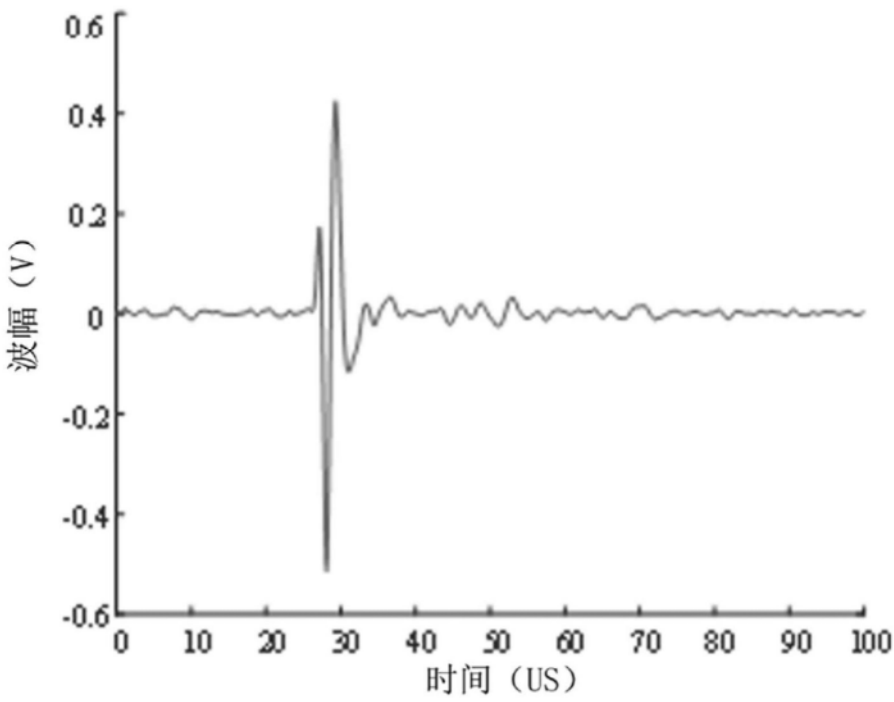


图11